

Trajectoire technologique

Transition écologique en Santé



Dr Camille Bourillon

remerciements à



Transition 2050

Scénario 3 : “technologie verte”



4 SCÉNARIOS POUR
ATTEINDRE LA NEUTRALITÉ
CARBONE

Objectif identique

Réduction des émissions de gaz à effet de serre de 80% d'ici 2050 pour tenir les engagements de l'accord de Paris de maintenir le réchauffement climatique à 2°C max

Électrification des activités

Sous certaines conditions

Déploiement large et équitable

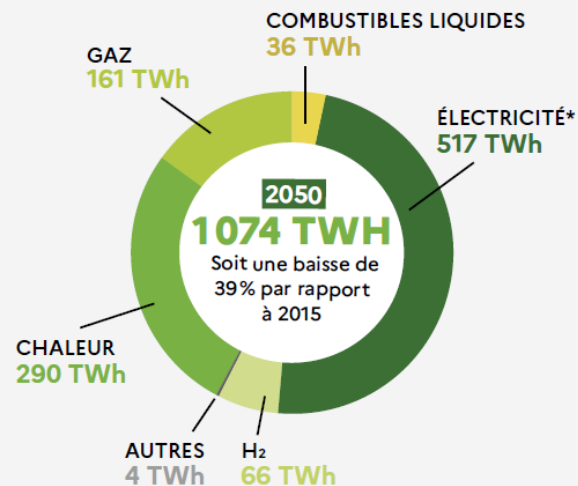
Mix électrique et énergétique
largement décarboné :
renouvelables et biomasse

Efficacité énergétique

Transition 2050

L'innovation au service de systèmes énergétiques décarbonés

Demande finale énergétique par vecteur
(avec usages non énergétiques et hors soutes internationales)



La **fourniture d'énergie** doit répondre à la demande de biens et de services, en particuliers numériques (fortement consommateurs en énergie), ainsi qu'aux besoins de mobilités



La **biomasse** est très mobilisée, en particulier les déchets pour la méthanisation et le bois pour l'énergie



Une consommation massive d'**hydrogène** pour tous les usages avec un recours aux importations

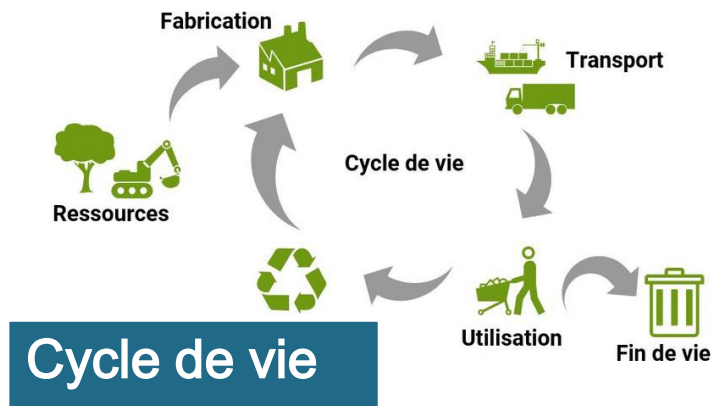


Les **carburants fossiles** sont encore faiblement utilisés (10%) dans le transport



Transition 2050

L'innovation au service de systèmes énergétiques décarbonés



Tout le périmètre (même ce qui n'est pas visible)
Toute la durée de vie : de la conception, fabrication, usage et à la fin de vie
Notion de scope
Multi Impacts : CO2, eau, ressources,



Efficacité énergétique

Optimiser la ressource énergétique
Minimiser les pertes, gaspillage
Pour un MÊME service
de la conception à l'usage et fin de vie des machines



AI for sustainability

Our approach

Boldly accelerating climate action with AI

Responsibly managing the resource consumption of AI

Working together

Technologie verte
Quelles opportunités ?

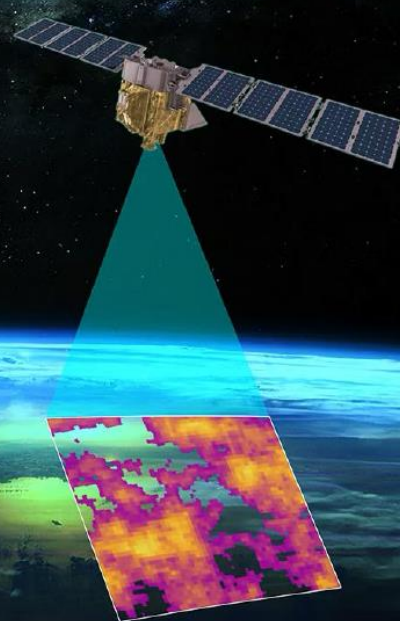


Table 2: Summary of Key Opportunities and Actions to Improve Sustainability Using AI in Radiology

Opportunity	Action	Impact
CT and MRI scanners consume a substantial amount of energy even when idle	Operational Efficiency	
	AI tools could switch between system states with automatic system shutdowns during pre-expected periods of idle time	Reduced idle time will reduce GHG emissions, lower costs, and improve practice efficiency
Durée des séquences et de protocoles Optimisation du temps d'examen	Image Acquisition and Processing	
	AI-based applications can reduce MRI scan times (eg, de-noising of accelerated acquisitions, automated planning of imaging planes (38,39))	Reduced scan time results in lower energy use and GHG emissions, lower cost, and improved patient comfort
Image acquisition parameters impact energy consumption	AI tools could be used to analyze patterns between image acquisition and energy consumption to improve our understanding of how changes in imaging parameters affect energy consumption	These insights could be used to predict carbon dioxide equivalents for each sequence to optimize energy profiles
Low-value imaging	Radiology Clinical Decision Support Tools	
	AI-powered clinical decision support tools can personalize recommendation guidelines to avoid imaging that may not add value (44)	Avoiding low-value imaging reduces waste and GHG emissions while lowering health care costs
Large amounts of pixel-based data are not used in routine clinical evaluation	Opportunistic Screening and Image Analysis	
	AI tools can facilitate opportunistic screening to extract useful data incidental to the indication for the imaging study (47)	This information can potentially be leveraged to improve patient outcomes, lower GHG emissions and costs, and increase patient satisfaction (52)
Agent de contraste	Contrast Agent Waste and Contamination	
	AI tools could optimize image contrast, determine when a contrast agent is not needed, or generate deep learning-based virtually enhanced images (60)	Reduction of contrast agent usage mitigates their environmental impact and lowers costs
Transportation is associated with substantial GHG emissions	Patient and Radiology Workforce Scheduling	
	AI can help reduce travel-related GHG emissions with optimized scheduling and no-show prediction modeling (63)	Decreased travel-related GHG emissions and less radiologist burnout (65)

Eco-conception des équipements lourds pour assurer leur efficacité jusqu'à 40% d'énergie économisée

Réduction de la consommation énergétique de 30 % IRM à faible champs



Facteurs clés : zone anatomique, la gravité du patient au triage, zone géographique aux urgences...

Shahbandegan . Developing a machine learning model to predict patient need for computed tomography imaging PLoS One 2022;17.



Télémédecine pendant 1 an 3 168 719 kg de CO₂ (près de 600 voitures retirées de la circulation)

BÉNÉFICES ATTENDUS



Technologie verte

Quelles opportunités ?

Théoriquement nombreuses

difficile à évaluer, peu quantifiées

Analyse en cycle de vie complet difficile

Couvrent tous les secteurs

Eco-conception des outils



Article

Energy Efficiency Evaluation of Artificial Intelligence Algorithms [†]



Conception logiciels

Infrastructures informatiques
écologiques
Grande variabilité dans la
consommation énergétiques des
outils étudiés



data center

Gestion responsable des données :
éviter les redondances...
Gestion responsable des data center
: adéquation aux besoins
(maximisation de l'usage des
serveurs)
Gestion température



Transfert des données

Localisation des centres
Compression des données

Technologie verte

Revers de la médaille



Les coûts environnementaux de l'IA

- Forte consommation d'énergie lors de l'apprentissage et de l'inférence des modèles d'AI
- Les centres de données contribuent à l'empreinte carbone
- Production de déchets électroniques et épuisement des ressources naturelles
- Conséquences indirectes de l'exploitation minière et du transport

Une économie gourmande en ressources



Matière première

800kg de matière pour un ordinateur de 2 kg
Terres rares +++



Eau

0,2 à 1% de la consommation en eau
douce



Humaines

40 000 enfants dans les mines
Exposition (Cobalt) tx sanguin élevé
Pollution des milieux de vie : tx de mort
par cancer 70% (23% en France)

Tension géopolitique
Dépendance et tensions sur les chaînes
d'approvisionnement



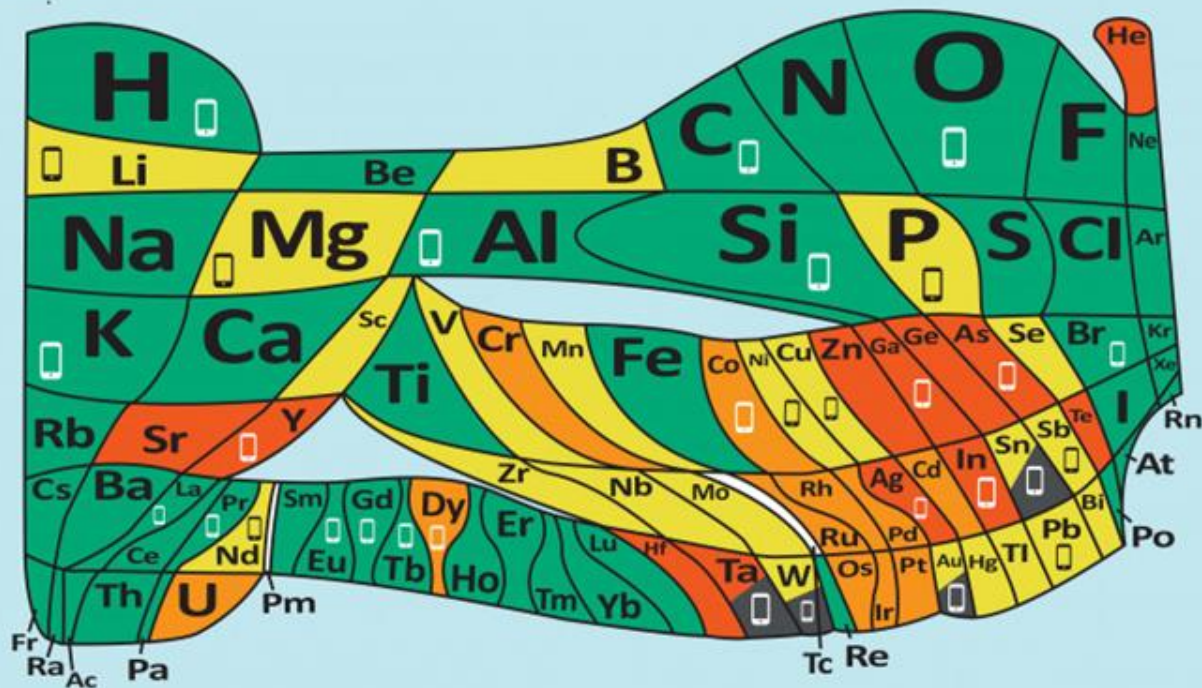
United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



2019
IYPT
International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

Les 90 éléments qui composent notre monde

Combien en reste-t-il? Y en a-t-il assez?



- Menace sérieuse dans les prochains 100 ans.
- Menace croissante due à une utilisation accrue
- Disponibilité limitée avec futur risque d'approvisionnement
- Ressource Abondante
- Elément Synthétique
- Minerais dans des zones de conflits
- Eléments utilisés dans un smartphone

Lisez la suite et jouez au jeu vidéo en ligne: <http://bit.ly/euchems-pt>



Ce travail est sous la license de Creative Commons Attribution-NoDerivs CC-BY-ND

Olivier Vidal,
chercheur au CNRS,
établit que, compte
tenu de nos besoins :

1

génération va
consommer autant
de terres rares que



2 500

généralions
précédentes



Une économie gourmande en énergie



Energie primaire

4,2% de la consommation d'énergie
primaire
Essentiellement Fossiles



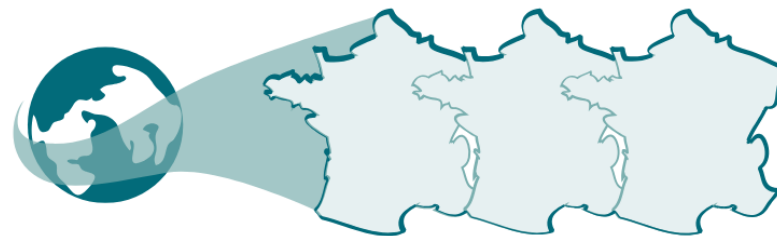
Consommation d'électricité

5,6 % de la consommation électrique

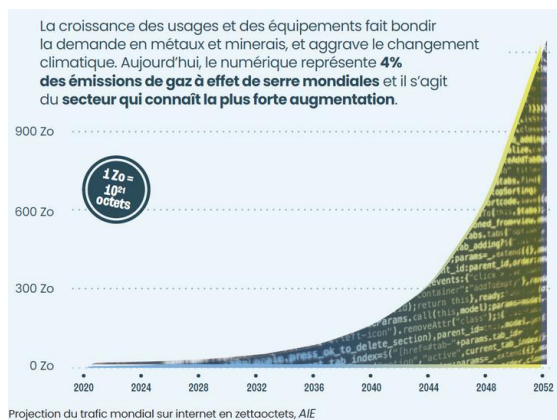


CO2e

4% en 2020



Un secteur en pleine expansion vers l'infini et au delà?



Croissance

- Le trafic mondial sur Internet double tous les quatre ans :
il devrait donc être multiplié par 200 entre 2020 et 2050 !
 - Consommation des data center +13%/an
 - Les émissions de GES pourraient augmenter de 5% par an **(+45% entre 2020 et 2030)**



Effet rebond ou Paradoxe de Jevons

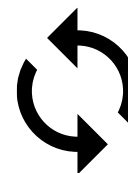
- Augmentation de l'efficacité énergétique réduit les coûts, et l'empreinte énergétique
- Entraîne une consommation accrue d'énergie, annulant les bénéfices environnementaux.

Un secteur en pleine expansion vers l'infini et au delà?

IA générative : Microsoft relance la centrale nucléaire de Three Mile Island pour alimenter ses data centers

L'IA générative bouscule les objectifs climatiques de Google

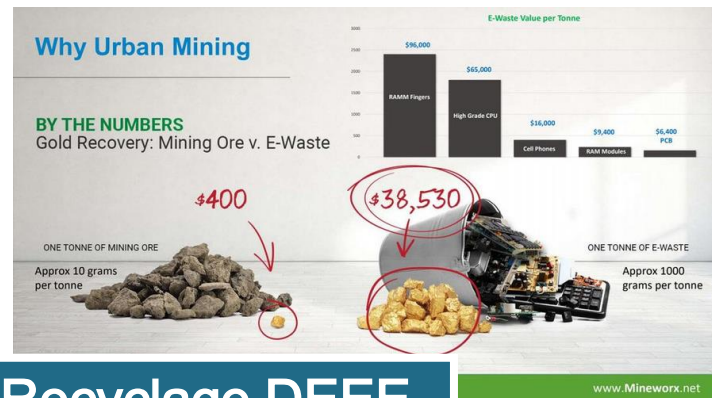
Quelles fin de vie des équipements les déchets : mines de demain?



Explosion des déchets

•Le cycle rapide des mises à jour matérielles génère des déchets potentiellement toxiques.

Croissance d'achats de terminaux, outils numériques de 5% par an = obsolescence logicielle



Recyclage DEEE

Le recyclage des matériaux tels que le plomb et le cadmium reste immature

En France : Triage de 76% des DEEE : cuivre+++
seul 17% réellement recyclé

Objectif de réduction des besoins en nouvelles ressources
grâce au recyclable d'ici 2030 = 50%

Recommendations

To buy or not to buy—evaluating commercial AI solutions in radiology (the ECLAIR guidelines)

Pertinence

L'application répond elle à un besoin?



Validation

Évaluation des bénéfices et risques multi-impact sur l'ensemble du cycle de vie de l'outil



Eco-conception

“Utilisabilité”

Interopérabilité
Simplicité
Obsolésence cognitive ou d'usage



PERTINENCE

de quoi avons nous besoin ?



🔗 Quels défis pour la santé en France au XXIème siècle ?



Accès aux soins

- Désertification
- Équité
- Justice dans la répartition des soins
- Vieillessement de la population



Transition écologique

Santé environnementale
Sécurité alimentaire



Résilience

- face aux crises sanitaires
- face aux dépendances d'approvisionnement
- face à la dette financière
- Intégration raisonnée du numérique



ACTIONS VISANT À AMÉLIORER LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS LE DOMAINE DE LA RADIOLOGIE

RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE LIÉES À L'IA



Utiliser une configuration économe en énergie pour les modèles AI



Élaborer des calculateurs pour les estimations d'émissions de GES spécifiques au secteur de la radiologie AI
estimations des émissions de GES spécifiques



Encourager la collaboration pour réduire la redondance et améliorer la validité externe



Optimiser la compression des données pour minimiser les besoins en stockage



Partenariat avec des fournisseurs qui accordent la priorité aux sources d'énergie renouvelables

DES OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION POUR AMÉLIORER LA DURABILITÉ



Mettre en œuvre des outils AI pour réduire les temps de temps d'acquisition, y compris le débruitage images accélérées



Développer des outils AI pour réduire le gaspillage d'énergie pendant les périodes d'inactivité des scanners



Construire des outils d'aide à la décision clinique pour réduire les d'imagerie

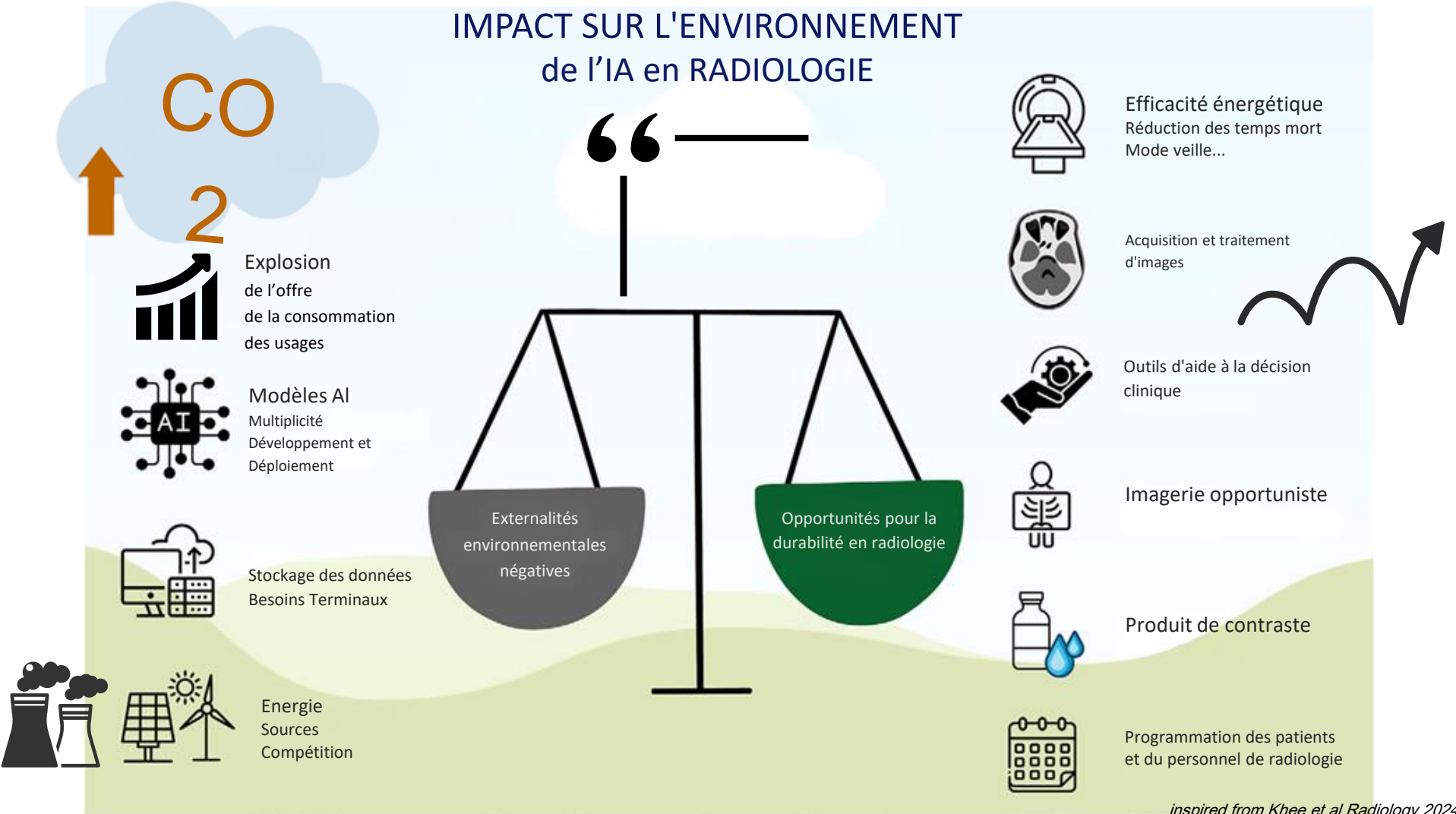


Utiliser les outils AI pour minimiser la nécessité d'administration de produit de contraste



Optimiser les horaires des patients en utilisant AI pour réduire les émissions liées aux déplacements

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT de l'IA en RADIOLOGIE



<https://www.institut-sante.org/>

Electronics, 2024.

ADEME :

<https://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie-terres-rares-ademe/>

Agence Internationale de l'énergie

Prospective - Transitions 2050 - Infographies scénarios

doo-et-al-2024-environmental-sustainability-and-ai-in-radiology-a-double-edged-sword

Shahbandegan . Developing a machine learning model to predict patient need for

computed tomography imaging PLoS One 2022;17

To buy or not to buy—evaluating commercial AI solutions

in radiology (the ECLAIR guidelines) European Radiology 2020

[Planetary Health and Radiology: Why We Should Care and What We Can Do](#) Khee et al

RAdiology 2024

PTEF The Shift Project Rapport Numérique Maxime Efoui Hess

<https://chatgpt.com/>

Google Sustainability Report 2024

Stand Espace SFR

Ethique et
Ecoresponsabilité



Venez nous rencontrer!

